

ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОНОМИКА

Высокотехнологичные производства – ресурс экономического роста отрасли¹**Людмила Текутьева, Оксана Сон*, Виктор Белкин, Анна Подволоцкая, Виктория Бобченко, Илья Скуртол, Егор Рочин**

Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия

Информация о статье*Поступила в редакцию:*

12.12.2018

*Принята**к опубликованию:*

26.12.2018

УДК 663.11

JEL Q16

Ключевые слова:

кормовые белковые концентраты, технология производства кормов, мицелиальные грибы

Keywords:

feed protein concentrates, feed production technology, filamentous fungi

Аннотация

В работе представлена схема биотехнологического комплекса в виде экспериментальной установки по производству кормового микробиологического белка (ЭУ КМБ) с блочно-модульной конструкцией. Использование схемы с отдельным жидкофазным и твердофазным культивированием позволяет организовать непрерывный поточный процесс производства кормового белка и, при необходимости, отдельно выдавать продукт жидкофазной ферментации. Включение в конструкцию жидкофазного ферментера установки ультразвуковой стимуляции микроорганизмов обеспечивает ускорение биопроцессов культивирования микроорганизмов. Результаты проведенных научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ внедряются на участках высокотехнологичного биотехнологического производства «Кормбиосинтез» в ТРП «Надеждинский».

High-Tech Production as a Resource for Industrial Economic Growth

Liudmila Tekutyeva, Oksana Son, Victor Belkin,
Anna Podvolotckaia, Victoria Bobchenko,
Ilya Skurtol, Egor Rochin

Abstract

The article shows the scheme for a biotechnological complex experimental unit for the production of fodder microbiological protein with a block-modular design. The application of the scheme with separate liquid-phase and solid-phase cultivation

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Договор 02. G25.31.0172 от 01.12.2015 г.)

* Автор для связи: E-mail: son.om@dyfu.ru

DOI: <https://dx.doi.org/10.24866/2311-2271/2018-4/138-145>

allows arranging a continuous flow of the fodder protein production process and, if necessary, separate delivery of the product of liquid-phase fermentation. The inclusion of ultrasonic stimulation to the liquid-phase fermenter design accelerates the micro-organisms cultivation bioprocesses. The research and technological development results are being implemented at the Kormbiosintez high-tech biotechnology production sites in the Nadezhdinskiy (Territory of the Advanced Development).

В настоящее время агропромышленный комплекс России переживает период активного развития. Российские сельхозпроизводители, как и прежде, наращивают собственное производство как в своих привычных категориях, так и в новых, осваивая ниши, занятые ранее импортной продукцией. На развитие производства продукции сельского хозяйства также оказывает влияние политика импортозамещения.

Роль биотехнологических продуктов как неотъемлемой части современных кормов в условиях нынешнего развития отрасли настолько велика, что отсутствие собственного производства этих составляющих подвергает риску все промышленное животноводство и птицеводство, делает данные отрасли полностью зависимыми от мировых цен на кормовые составляющие, конъюнктуры и политических решений [3].

Не секрет, что сейчас более 80% необходимых ингредиентов для создания кормов животных и птиц для российского агропромышленного комплекса импортируется из-за границы. Речь идет о кормовых белках, витаминах, ветеринарных антибиотиках, пробиотиках и других необходимых веществах и препаратах. Это сказывается как на стоимости продукции, так и на зависимости поставок от различных санкций и политических ситуаций.

Однако уже сейчас предприниматели Дальнего Востока совместно с учеными Дальневосточного федерального университета встали на путь изменения ситуации.

В декабре 2015 г. Дальневосточный федеральный университет совместно с компанией «Арника», одним из крупнейших в стране импортёров ингредиентов для животноводства, выиграли конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации и получили государственную поддержку в рамках постановления правительства России № 218 от 9 апреля 2010 г. на выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ (НИОКТР) по созданию высокотехнологичного производства кормового микробиологического белка и концентратов на его основе.

На протяжении 3-х лет ученые ДВФУ и специалисты компании «Арника» занимались разработкой биотехнологического синтеза дефицитного кормового белка для продуктивного животноводства.

Одним из путей решения проблемы массового и дешёвого производства кормового белка с заданным аминокислотным профилем явилось его получение микробиологическим путем в компактных установках с комбинированной системой ферментации, в которых присутствуют жидкофазная и твердофазная стадии производства. Применение такой системы позволит вырабатывать различные по форме кормовые добавки [1, 2, 4].

В качестве штамма-продуцента путем многочисленных экспериментальных исследований по трансформации и повышению продуктивности выбраны

мицелиальные грибы, имеющие большой потенциал в области микробного синтеза – микроорганизм *Mycothermus thermophilus* 2016–60 (рег. номер ВКМ F–4738D).

Мицелиальные грибы содержат значительно меньше нуклеиновых кислот, пуринов, чем другие микроорганизмы, и обладают широким набором ферментов, гидролизующих трудно перевариваемые животными полимеры клеточной оболочки растений (клетчатку, гемицеллюлозы и др.) до мономеров – глюкозы, ксилозы и др [8, 9]. Путь прямой трансформации полимеров грубых кормов в белок и другие полезные метаболиты грибной массы решает вопрос обогащения белком и другими физиологически активными метаболитами целлюлозосодержащих субстратов. Дефицит кормового белка поставил вопрос о создании нетрадиционных источников его восполнения, в частности, об использовании микромицетов в качестве источника кормового и пищевого белка [6]. Поиск новых источников получения обогащенных белком и другими веществами кормов и в настоящее время представляет одну из важных проблем повышения продуктивности животноводства.

В результате проведенных исследований разработана схема биотехнологического комплекса в виде экспериментальной установки по производству кормового микробиологического белка (ЭУ КМБ) с блочно-модульной конструкцией (рис. 1).

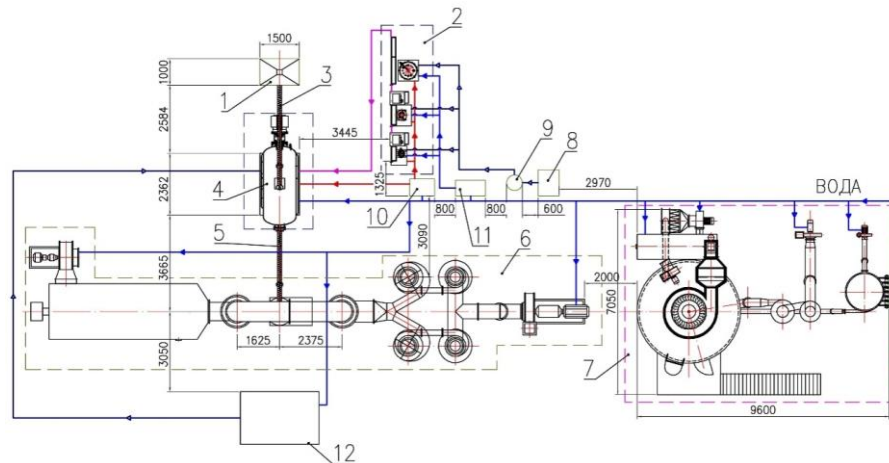


Рис. 1. Сборочный чертеж экспериментальной установки по производству кормового микробиологического белка (ЭУ КМБ)

Источник: составлено авторами

Маточная культура, выращенная в лабораторном ферментере объемом 1 л с соблюдением правил асептики, засеивается в питательную среду жидкофазного ферментера 10 л, который входит в состав линии ферментеров (2) с механическим перемешиванием (рис. 2) [5,7]. Она включает три последовательно соединенных ферментера на 10 л, 50 л и 500 л и обеспечивает процесс жидкофазной ферментации. К линии ферментеров (2) для поддержания биохимических процессов и операций подключены парогенератор (10), чиллер (11) и

компрессор (8) через ресивер (9). Питательная среда и растительный субстрат стерилизуется непосредственно в ферментерах. При достижении заданного количества конидий производится перекачка по трубопроводу сначала из ферментера на 10 л в ферментер на 50 л, после – в ферментер на 500 л.

Каждый ферментер имеет подготовленную заранее и простерилизованную питательную среду. В посевном аппарате на 500 л производится выращивание культур с использованием установки ультразвуковой стимуляции микроорганизмов, с режимом работы: частота УЗ – 20 кГц, форма сигнала – синусоида, мощность сигнала – 0,5 Вт/см², время воздействия – 2 часа 1 раз в сутки, начиная с момента культивирования.

Данный режим воздействия и сам выбор использования ультразвука в технологии производства кормового микробиологического белка (КМБ) обусловлен экспериментальными исследованиями, доказывающими, что культуры мицелиальных грибов имеют стадию покоя и для возобновления роста им необходим внешний импульс, который ускорил разделение скоплений колоний мицелиального гриба и ферментативную активность.



Рис.2. Линия жидкофазной ферментации

Источник: фото сделано авторами

При достижении заданного количества спор производится перекачка по трубопроводу в горизонтальный твердофазный ферментер (4) (рис. 3) объемом 5000 л с механическим перемешиванием со стерильным стандартизованным растительным субстратом, к которому подключены парогенератор (10) и компрессор (12). Там производится четвертый этап культивирования – поверхностный (твердофазный). В твердофазный ферментер шнековым транспортом (3) подается стерильный субстрат из загрузочного бункера – блока хранения сырья (1). Жидкая питательная среда с суспензией конидий засеивается и увлажняет стерильный твердый субстрат в твердофазном ферментере. Перемешивание субстрата производится по необходимости.

При достижении заданных параметров продукта в твердофазном ферментере, продукт стерилизуется, перемешивается и выгружается из ферментера на шнековый транспортер (5), по которому биотрансформированный продукт по-

дается в измельчитель аэродинамической сушилки комбинированного типа (6) (рис. 4). Измельчение производится до размеров частиц $0,17 \div 0,18$ мм.



Рис.3. Твердофазный ферментер

Источник: фото сделано авторами

В процессе сушки осуществляется контроль температуры воздуха. Температура воздуха на выходе из теплогенератора составляет $180 \div 200^{\circ}\text{C}$, на выходе из сушильной установки перед очистным фильтром – $72 \div 75^{\circ}\text{C}$.

В конечном циклоне сушильной установки производится сбор КМБ с размером частиц $0,076\text{--}0,125$ мм. Полученный продукт в дальнейшем направляется в инкапсулирующую установку (7) для получения второй формы продукта – КМБ в виде гранул. Получаемый конечный готовый продукт – КМБ-гранулы с размером частиц $0,84\text{--}1$ мм. Контроль качества готового продукта осуществляется с помощью универсального анализатора кормов. Далее производится фасовка продукта в контейнеры или мешки (рис. 4).



Рис.4. Кормовой микробиологический белок в виде гранул

Источник: фото сделано авторами

По результатам испытаний ЭУ КМБ из культивированного мицелиального инокулята массой 150 кг и питательной среды твердого субстрата в количестве 500 кг получены образцы КМБ в количестве 386,2 кг в виде порошка и 78,5 кг в виде гранул.

В состав твердой фазы входили приморские сырьевые ресурсы: рисовая мука, соевый шрот и измельченная рисовая шелуха.

В рамках проведенной НИОКТР поданы заявки на получение патентов РФ:

1. Рекомбинантная плазмидная ДНК pSAT1-ZmZeinB1, кодирующая кормовой белок кукурузы ZmZeinB1 и рекомбинантный штамм *Myceliophthora thermophila*/pSAT1-ZmZeinB1 – продуцент кормового белка ZmZeinB1.

2. Рекомбинантная плазмидная ДНК pSAT1-AhA1, кодирующая запасный белок амаранта AhA1 и рекомбинантный штамм *Myceliophthora thermophila*/pSAT1-AhA1 – продуцент запасного белка AhA1.

Изобретения позволяют получать микробиологическим синтезом по оптимизированной технологии запасный белок AhA1 амаранта и запасный белок ZmZeinB1 семян кукурузы, который может быть использован для обогащения грибного мицелия и кормов

Общие технические характеристики экспериментальной установки КМБ для ведения биотехнологического процесса получения кормового белка:

- производительность ЭУ КМБ – 100 кг готового продукта в смену.
- занимаемая площадь экспериментальной установки – 394,3 м²;
- общая занимаемая площадь с лабораторным комплексом – 92,26 м²;
- конечная влажность КМБ – не более 12%;
- фракция КМБ – от 0,07 до 0,1 мм;
- электропитание разрабатываемой ЭУ КМБ осуществляется от трехфазной электросети 50 Гц 380/220 В (220В (+10%, -15%), 50Гц (± 5%) в соответствии с ГОСТ 13109-88);
- масса экспериментальной установки – 17 тонн;
- ресурс до списания 30000 час;
- срок службы до списания – 5 лет.

Результаты проведенных НИОКТР внедряются на участках высокотехнологичного биотехнологического производства «Кормбиосинтез» в ТОР «Надеждинский». Это новое предприятие ДФО производительностью до 10 000 тонн в год кормовых наукоёмких биологически ценных ингредиентов кормов: кормовых витаминов, пробиотиков, микробиологического белка и защищённых аминокислот для КРС (в ассортименте более 20 наименований).

На той же площадке в ТОР «Надеждинская» группа компаний «Арника» завершает проектирование второго завода – высокотехнологичного биотехнологического производства «Фармасинтез» по выпуску ветеринарных антибиотиков мощностью 2 000 тонн в год в ассортименте до 10 наименований.

В целях продолжения развития кооперации российских высших учебных заведений и производственных предприятий, стимулирования использования производственными предприятиями потенциала российских высших учебных заведений для развития наукоёмкого производства и стимулирования инновационной деятельности в российской экономике, Дальневосточный федеральный университет и группа компаний «Арника» создают базовую кафедру «Биоэкономика и продовольственная безопасность», которая позволит макси-

мально использовать инфраструктуру современного R&D Центра компании и научных лабораторий Инновационного технологического центра ДВФУ, кадровые ресурсы в виде привлечения в учебный процесс специалистов ведущих производств российской перерабатывающей отрасли и зарубежных партнёров группы компаний «Арника» для обеспечения качественной подготовки бакалавров, магистрантов и аспирантов, в том числе, с целью организации стажировок, производственных практик и создания новых рабочих мест в биотехнологической отрасли АПК.

Список источников / References

1. Thomas L., Larroche C., Pandey A. Current development in solid-state fermentation // Biochemical Engineering Journal. – 2013. – P. 146-161.
2. Bourdichona F., Casaregolab S., Farrok C. Food fermentations: microorganisms with technological beneficial use // International Journal of Food Microbiology. – 2012. – V. 154. – P.87-97.
3. Приказ Минсельхоза РФ от 25 июня 2007 г. № 342 «О концепции развития аграрной науки и научного обеспечения АПК России до 2025 года».
4. Соколов В.Н., Яблокова М.А. Аппаратура микробиологической промышленности. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. — 278 с.: ил.
5. Новый справочник химика и технолога. Процессы и аппараты химических технологий. Ч. 11. - СПб.: НПО «Профессионал», 2006. - 916 с., ил.
6. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. Пер. с англ. - М.: Мир, 2002. — 589 с., ил.
7. Основы фармацевтической биотехнологии: Учебное пособие / Т.П. Прищеп, В.С. Чучалин, К.Л. Зайков, Л.К. Михалёва, Л.С. Белова. — Ростов н/Д.: Феникс; Томск: Издательство НТЛ, 2006. — 256 с. — (Высшее образование).
8. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие: в 2 т. Т.1/А.Е. Кузнецов [и др.]. – 2-е изд. (эл.). – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. – 629 с.: ил., [4] с. цв. вкл. – (Учебник высшей школы).
9. Инженерная биотехнология: основы технологии микробиологических производств: Учебное пособие / Луканин А.В. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 304 с.

Сведения об авторах / About authors

Текутьева Людмила Александровна, кандидат технических наук, доцент, заведующий базовой кафедрой «Биоэкономики и продовольственной безопасности», *руководитель лабораторного комплекса ветеринарно-санитарной экспертизы*, Школа экономики и менеджмента, Дальневосточный федеральный университет. 690922 Россия, г. Владивосток, о-в Русский, кампус ДВФУ, корпус G.

E-mail: tekuteva.la@dvfu.ru

Liudmila A. Tekutyeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Specialized Department «Bioeconomy and Food Security», Head of the Laboratory Complex of Veterinary-Sanitary Examination, School of Economics and Management, Far Eastern Federal University. Building G, FEFU campus, Russky Island, Vladivostok, Russia 690920. *E-mail: tekuteva.la@dvfu.ru*

Сон Оксана Михайловна, кандидат технических наук, доцент, доцент базовой кафедры «Биоэкономики и продовольственной безопасности», *главный специалист по науке и инновациям лабораторного комплекса ветеринарно-санитарной экспертизы*, Школа экономики и менеджмента,

та, Дальневосточный федеральный университет. 690922 Россия, г. Владивосток, о-в Русский, кампус ДВФУ, корпус G.

E-mail: son.om@dvfu.ru

Oksana M. Son, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, the Specialized Department «Bioeconomy and Food Security», Chief Specialist in Science and Innovation, the Laboratory Complex for Veterinary-Sanitary Examination, School of Economics and Management, Far Eastern Federal University. Building G, FEFU campus, Russky Island, Vladivostok, Russia 690920. *E-mail: son.om@dvfu.ru*

Белкин Виктор Григорьевич, заслуженный деятель науки Российской Федерации, доктор экономических наук, профессор, профессор Школы экономики и менеджмента, Дальневосточный федеральный университет. 690920 Россия, г. Владивосток, о-в Русский, кампус ДВФУ, корпус G, ауд. 706. *E-mail: belkin.vg@dvfu.ru*

Victor G. Belkin, Honored Scientist of the Russian Federation, Doctor of Economic Sciences, Professor, School of Economics and Management, Far Eastern Federal University. Office 706, bldg. G, FEFU Campus, Vladivostok, Russia, 690920. *E-mail: belkin.vg@dvfu.ru*

Подволоцкая Анна Борисовна, кандидат медицинских наук, доцент, доцент базовой кафедры «Биоэкономики и продовольственной безопасности», заместитель руководителя лабораторного комплекса ветеринарно-санитарной экспертизы, заведующий лабораторией биобезопасности товаров, Школа экономики и менеджмента, Дальневосточный федеральный университет. 690922 Россия, г. Владивосток, о-в Русский, кампус ДВФУ, корпус G. *E-mail: podvolotckaia.ab@dvfu.ru*

Anna B. Podvolotckaia, Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, the Specialized Department «Bioeconomy and Food Security», Deputy Head of the Laboratory Complex for Veterinary-Sanitary Examination, Head of the Laboratory of Biosafety of Goods, School of Economics and Management, Far Eastern Federal University. Building G, FEFU campus, Russky Island, Vladivostok, Russia 690920. *E-mail: podvolotckaia.ab@dvfu.ru*

Бобченко Виктория Ивановна, доцент кафедры базовой кафедры «Биоэкономики и продовольственной безопасности», Школа экономики и менеджмента, Дальневосточный федеральный университет. 690922 Россия, г. Владивосток, о-в Русский, кампус ДВФУ, корпус G. *E-mail: bobchenko.vi@dvfu.ru*

Victoria I. Bobchenko, Associate Professor, the Specialized Department «Bioeconomy and Food Security», School of Economics and Management, Far Eastern Federal University. Building G, FEFU campus, Russky Island, Vladivostok, Russia 690920. *E-mail: bobchenko.vi@dvfu.ru*

Скуртол Илья Александрович, старший преподаватель кафедры гидротехники, теории зданий и сооружений, Инженерная школа, Дальневосточный федеральный университет. 690922 Россия, г. Владивосток, о-в Русский, кампус ДВФУ, корпус E. *E-mail: skurtol.ia@dvfu.ru*

Ilya A. Skurtol, Senior Lecturer, the Department of Hydraulic Engineering and the Theory of Constructions, School of Engineering, Far Eastern Federal University. Building E, FEFU campus, Russky Island, Vladivostok, Russia 690920. *E-mail: skurtol.ia@dvfu.ru*

Рочин Егор Олегович, магистрант образовательной программы «Биоэкономика и продовольственная безопасность», ведущий специалист лаборатории биобезопасности товаров, Школа экономики и менеджмента, Дальневосточный федеральный университет. 690922 Россия, г. Владивосток, о-в Русский, кампус ДВФУ, корпус G. *E-mail: rochin_eo@students.dvfu.ru*

Egor O. Rochin, Master Student of the Educational Program «Bioeconomy and Food Security», Leading Specialist, the Biosafety Laboratory, School of Economics and Management, Far Eastern Federal University. Building G, FEFU campus, Russky Island, Vladivostok, Russia 690920.

E-mail: rochin_eo@students.dvfu.ru